

## **APLICACIÓN DE UN CONCENTRADOR TIPO FRESNEL PARA PASTEURIZAR LECHE DE CABRA**

Judith Franco, Ricardo Caso, Carlos Fernandez, Verónica Javi y Luis Saravia  
INENCO – UNSa

Av. Bolivia 5150. CP 4400. Salta, Argentina. Te.: 54-387-4255424. Fax: 54-387-4255489  
e-mail: [francoi@unsa.edu.ar](mailto:francoi@unsa.edu.ar), [casor@unsa.edu.ar](mailto:casor@unsa.edu.ar), [veroi@unsa.edu.ar](mailto:veroi@unsa.edu.ar), [saravia@unsa.edu.ar](mailto:saravia@unsa.edu.ar)

**RESUMEN:** Se presenta el diseño de un sistema para pasteurizar leche de cabra como parte de un proceso de elaboración artesanal de quesos de cabra. El sistema consiste en un concentrador del tipo Fresnel utilizado en la cocción de grandes cantidades de alimentos con un vaporizador ubicado en el foco que responde al llamado “nuevo modelo”. El vapor de agua burbujea dentro de un recipiente aislado donde se coloca la leche a “baño María”. Cuando el baño llega a la temperatura deseada se interrumpe el suministro de vapor y se deja reposar 30 minutos la leche en el recipiente cerrado. La pasteurización de 10 litros de leche se realiza en algo más de 1 hora. En el proyecto se consideran pautas para lograr una transferencia exitosa.

**PALABRAS CLAVE:** Pasteurizador, concentrador parabólico.

### **INTRODUCCIÓN**

El valle de Amblayo se encuentra ubicado en el extremo norte del departamento San Carlos, dentro de los Valles Calchaquíes, orientado de norte a sur, a 150 km de la ciudad de Salta. Es un enclave de difícil acceso a través del Parque Nacional Los Cardones. Agroecológicamente se lo define como un valle semiárido de altura con un régimen de precipitaciones anuales que oscila entre 150 y 200 mm.

La población, aproximadamente de 250 personas, se encuentra dispersa entre los cerros existiendo una pequeña concentración en el pueblo de Amblayo. Las actividades predominantes de los pobladores son agropecuarias, en especial la cría de ganado ovino, caprino y bovino y la producción de arveja, alfalfa, papa, maíz y habas para autoconsumo con venta de los excedentes. La zona es reconocida por la calidad de sus quesos, actividad fundamentalmente desarrollada por las mujeres. Los predios poseen una superficie cultivable de entre 2 y 3 has, existiendo tierra disponible que no se aprovecha por falta de infraestructura de riego y precariedad tecnológica. Esta situación determina que no se puedan expandir los cultivos ni se obtengan rendimientos que permitan poseer saldos comercializables ni forraje de una calidad apropiada para la cría de ganado lechero para la producción de quesos, principal fuente de ingresos de las familias.

La producción artesanal de queso de cabra constituye una de las principales fuentes de ingreso de la localidad, sin embargo la leche no es pasteurizada, lo que les impide entrar a un mercado más exigente y por ende más rentable. Esto se debe a distintos factores, uno es cultural ya que en la zona no se acostumbra a calentar la leche para elaborar el queso. Por otro lado la escasez de leña impide pensar en la elaboración de quesos con una pasteurización sistemática.

Los ámbitos de la Salud Pública, de lo Ambiental, de lo Económico convergen en este proyecto, en sus diferentes etapas: planteo del problema, diseño, desarrollo, aplicación y puesta en marcha. Se observa que se da un conjunto de condiciones que favorecen la sostenibilidad de las acciones (Javi, 2004):

- desde los usuarios por ser una demanda que resulta de un proceso participativo comunitario de fuerte arraigo, se han satisfecho previamente otras demandas comunitarias (caminos, acceso a ciertos mercados, cierto grado de capacitación técnica), monetización relativa.
- desde otros actores de la transferencia: marco institucional claro que garantiza la ejecución del proyecto, con roles diferenciados, existencia de técnicos calificados, actor financiero comprometido con el proyecto.

Este trabajo propone un equipo para pasteurizar la leche que funcione con energía solar y que sea sencillo para controlar y operar.

### **EL PROCESO DE PASTEURIZACIÓN**

Para la pasteurización de la leche de cabra es necesario llevarla a una temperatura de 63 °C y mantenerla a esta temperatura durante 30 minutos, este proceso corresponde al llamado tratamiento suave que debe realizarse en un “baño María”, es un proceso

lento debido a que mediante procesos rápidos o a temperaturas más altas se provocarían modificaciones sustanciales en las propiedades de la leche. En particular el color y el sabor permanecen invariables y la separación de la crema no se retrasa con este proceso.

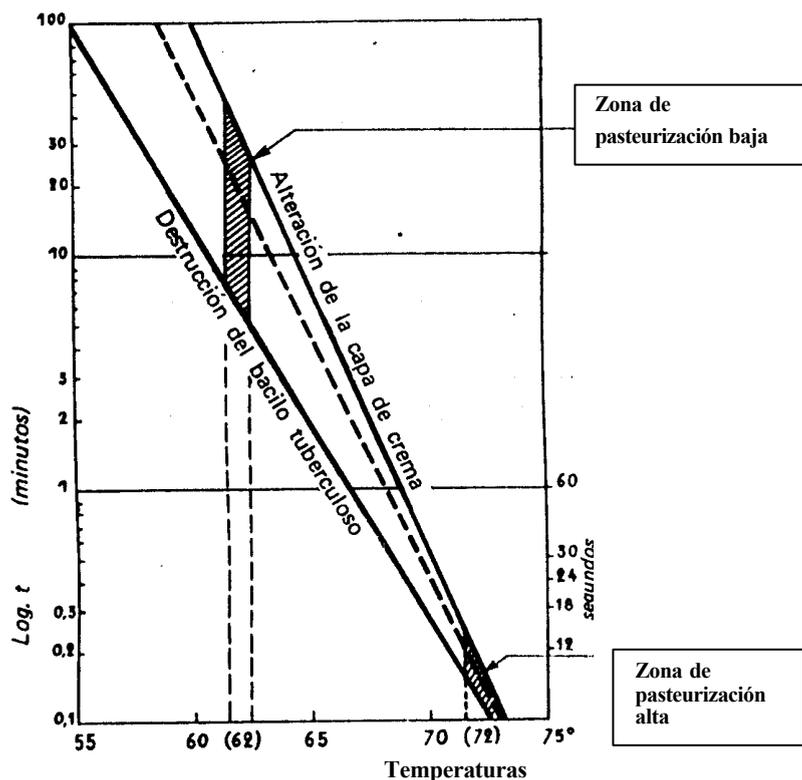
Los objetivos de la pasteurización son la destrucción de todos los gérmenes patógenos para el hombre y la reducción de la flora banal, este último importante desde el punto de vista económico y comercial (Alais, Charles, 1981)

Los principales datos referentes a los efectos del calentamiento de la leche a temperaturas cercanas a las mencionadas se muestran en la tabla 1.

Destrucción o inactivación	Temperatura que se debe alcanzar y tiempo de duración		
	30 minutos	5 minutos	15 segundos
Mycobacterium tuberculosis	57,8	62.5	70
Escherichia coli	62.2	65.8	71.7
Brucella	51.7		
Capa de crema	62.2	65.8	72.2
Fosfatasa	62.2	61.8	71.7
Peroxidasa	72	75	80

**Tabla 1:** efectos de la temperatura en algunos microorganismos o componentes de la leche

De acuerdo a los valores de tabla las temperaturas a alcanzar deben superar los 62 C para inactivar los microorganismos perjudiciales para la salud humana, sin embargo para no alterar las propiedades de la leche la temperatura no debe sobrepasar los 65 grados en un tiempo mayor a 5 minutos.



**Figura 1:** Efectos térmicos en la leche.

La figura 1 es una representación gráfica de los efectos térmicos en la leche. La recta de trazos establece las normas recomendables para lograr una pasteurización efectiva: se destruye el bacilo tuberculoso y no se alteran las características físicas de la leche. Existen tres posibles formas de pasteurización: la llamada pasteurización baja que es la lograda durante 30 minutos a 63 C, la llamada pasteurización alta a 72 C durante 15 segundos y la pasteurización relámpago que consiste en disponer una capa

muy fina de leche como mínimo a 75C sin mantenimiento a esa temperatura. El primero de los procedimientos es el elegido para el caso de Amblayo.

## DISEÑO DEL SISTEMA

Para las necesidades de pasteurización de la zona mencionada (se producen por día entre 10 y 30 litros de leche) se diseñó un pasteurizador que procesa volúmenes de 10 litros por vez. Para ello se adaptó un concentrador del tipo utilizado para la cocción de alimentos comunales (Saravia et al., 2002) a las necesidades particulares del proceso.

Estos sistemas están siendo desarrollados en el INENCO desde algo más de tres años, dando respuesta a requerimientos específicos de la cocción de alimentos para grupos de más de 30 personas (25 a 100 Kg de alimentos). Se han introducido mejoras a los sistemas mencionados para aprovechar más eficientemente la superficie del espejo y lograr un manejo accesible por parte del usuario, por ejemplo en lo que se refiere al seguimiento del sol (Saravia et al. 2001, Saravia et al. 2004). El resultado es un sistema versátil que puede ser adoptado en aplicaciones diversas (Franco et. al, 2003). En particular, la producción de vapor de agua es el efecto aprovechado para el pasteurizador.

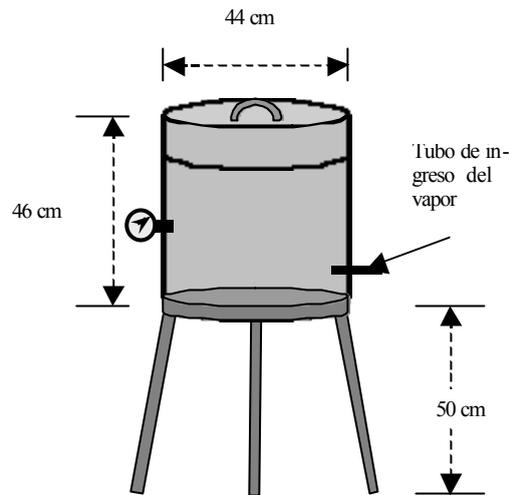
Con el propósito de garantizar el funcionamiento del equipo, fue necesario diseñar el concentrador de acuerdo a los requerimientos energéticos de la pasteurización de leche de cabra. Este diseño sigue la metodología descrita en Saravia L. et al. 2004.



**Figura 2:** Componentes del sistema pasteurizador.

El sistema pasteurizador (figura 2) está formado por:

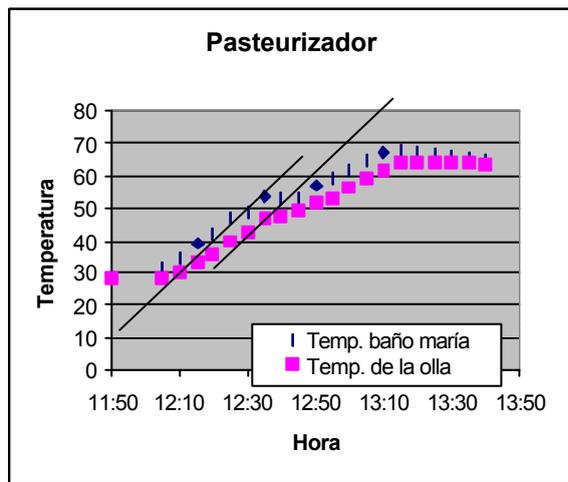
- a) un concentrador de 1.7 m de diámetro que responde al llamado “nuevo diseño” con un área efectiva de colección de 2 m<sup>2</sup>, el foco no es puntual y se encuentra entre los 45 y 55 cm del vértice del espejo (menor a la del modelo clásico de concentrador). En este concentrador tipo Fresnel se abandonó la ubicación plana de los troncos de cono, para adoptar una estructura curva que eleva cada uno de ellos respecto del anterior con lo que se aumenta el área aprovechable del espejo. Otra ventaja del “nuevo diseño” es que no es necesario el seguimiento continuo del sol ya que es posible moverlo cada 20 minutos sin una gran pérdida de potencia (Saravia et al, 2004). El conjunto concentrador – caldera vaporizadora se encuentran montados en una base con ruedas que favorece su movimiento.
- b) Una caldera de acero inoxidable, pintada de negro, con una capacidad de 2 litros cubierta con un vidrio Pyrex® para disminuir las pérdidas convectivas. Esta se ubica en el foco del espejo. Como la distancia focal se ha achicado lo suficiente la caldera se encuentra cercana al vértice del espejo y hace sombra. Existe entonces un círculo central de unos 40 cm de diámetro libre de espejo, lo que hace posible llegar al absorbedor por detrás, a través de ese círculo. Con esto se evita el deslumbramiento del usuario cuando necesita trabajar sobre el foco como ocurría en los concentradores diseñados anteriormente.
- c) Un recipiente pasteurizador de forma cilíndrica (figura 3) elaborado de chapa galvanizada de calibre N° 24, aislada con lana de vidrio en paredes, tapa y base. El recipiente está apoyado en una base de hierro de 50 cm de altura y consta de un termómetro analógico de fácil lectura. Ambos elementos contribuyen a facilitar el manejo y control del sistema.



**Figura 3:** Recipiente pasteurizador.

**MEDIDAS REALIZADAS**

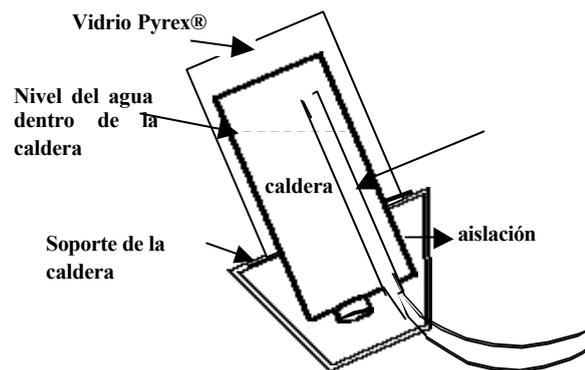
La pasteurización se realiza haciendo burbujear el vapor de agua en el agua del “baño María” dentro del recipiente pasteurizador. El vapor se condensa y transfiere el calor de condensación al agua elevando su temperatura. Como el recipiente está aislado las pérdidas de calor en el recipiente pasteurizador son pequeñas. La manguera de conexión entre el vaporizador y el recipiente pasteurizador por la que circula el vapor se envuelve con una manta aislante para evitar las pérdidas.



**Figura 4:** Medidas obtenidas con el sistema pasteurizador en julio.

La caldera comienza a producir vapor aproximadamente a los 10 minutos de enfocado el espejo y en una hora y quince minutos se alcanzan 65 C. A partir de este momento se comienza a medir la temperatura en forma manual con un termómetro digital de termocupla. La gráfica de la figura 4 muestra la variación de la temperatura en función del tiempo característica de las experiencias realizadas con el equipo. Se midieron las temperaturas en el “baño María” y en el interior de la olla que contenía 8 litros de agua. Como el “baño María” contenía 7 litros de agua la cantidad total de líquido dentro del pasteurizador era de 15 litros al inicio.

Una vez que comienza la producción de vapor el aumento de temperatura es constante y varía aproximadamente 3 C cada 5 minutos. Durante los primeros 30 minutos, en la gráfica se observa una meseta, esto es en el momento que se le agrega agua al vaporizador. Se decidió volver a llenar la caldera con agua ya que en experiencias anteriores se observaba una disminución en la razón de aumento de la temperatura debida a una disminución en la producción del vapor. Esta disminución de producción se debía a las características constructivas del vaporizador (figura 5).



**Figura 5:** Detalle de la caldera vaporizadora.

Los dos litros de agua colman la capacidad del vaporizador. La radiación solar se concentra en la parte superior calentando rápidamente el agua a ese nivel. Cuando baja el nivel del agua a la altura de la aislación, la radiación no llega directamente a la misma calentándola por conducción del calor por las paredes de la caldera.

Para mantener constante la producción de vapor se hace necesario cambiar la geometría del vaporizador de manera tal que todo el recipiente quede expuesto a la radiación

Los resultados de las temperaturas del “baño María” y del interior de la olla que se muestran en la figura 4 corresponden a medidas realizadas en julio en la ciudad de Salta. Para las pruebas se colocó agua en lugar de leche dentro de la olla. Como el calor específico es de  $0,93 \text{ cal/kg } ^\circ\text{C}$  es de esperar una reducción en el tiempo de calentamiento cuando se utilice leche.

## CONCLUSIONES

Se considera que el sistema pasteurizador tal como está presentado en este trabajo tiene una buena performance ya que llega a las temperaturas deseadas en un tiempo adecuado para los requerimientos específicos del proceso.

Si bien térmicamente la respuesta es satisfactoria, restan aún mejorar detalles constructivos relativos a la ergonomía del sistema. Para favorecer el uso continuo del pasteurizador es necesario que la operación (seguimiento del sol y carga de la caldera vaporizadora) sea sencilla de modo que pueda ser operado por la quesera. Será necesario también evaluar periódicamente el uso del pasteurizador, los problemas técnicos o de adaptación que pudieran surgir, de modo de favorecer su uso continuo y una transferencia exitosa (Cadena et. al, 2003).

Dado que los quesos de Amblayo son destinados a la alimentación humana, es lógico apoyar la pasteurización de la leche de cabra que se utiliza como materia prima. Podría sin embargo, pensarse en mantener esta producción artesanal con leche cruda, para lo cual deberían extremarse las condiciones sanitarias en las fases de extracción de leche, manipuleo, fabricación del queso y en el control sanitario del animal.

Por otra parte la concentración de importantes volúmenes de leche en un proceso centralizado de producción para abastecer el consumo humano conlleva la posibilidad de contaminación. Para el caso de Amblayo, se trata de la elaboración de un producto lácteo en el lugar mismo en el que se produce la leche en cantidades pequeñas. De esta manera al pasteurizar en forma continua y permanente la leche de cabra utilizada en la elaboración de los conocidos quesos de Amblayo se contribuiría a elevar la calidad higiénica de los mismos. Se colabora también en mantener la producción tradicional de esta variedad de queso, siendo este un alimento universal apreciado tanto por su valor nutritivo como por sus cualidades organolépticas extremadamente diversas.

En el año 2003 la aplicación de este Sistema fue presentada como respuesta a una convocatoria de la Secretaría de Políticas Universitarias que decidió financiar proyectos de vinculación y extensión universitaria a través del Programa de Asignación de Recursos y resultó ganador de la misma.

## BIBLIOGRAFÍA

Alais, Charles. (1981). *Ciencia de la Leche*. Cía. Editorial Continental, México.

Cadena C., Javi V., Caso R., Fernández C., Quiroga M., Lesino G. y Saravia L. (2003). *La Cocción Comunal de Alimentos con Energía Solar: Aspectos de la Transferencia de Equipos*. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 7, pp. 10.07 – 10.08.

Franco J., Saravia L., Cadena C. y Fernández C. (2003). *Concentrador solar parabólico para fundir latas de aluminio, construcción y primeros ensayos*. AVERMA. Vol. 7. N° 1, pp. 2.25 – 2.29.

Javi V. (2004). *La problemática de la transferencia en el uso de dispositivos alimentados por energía solar para poblaciones aisladas: el caso de los sistemas de cocción solar*. Monografía inédita. FCE. Universidad Nacional de Salta.

Saravia L., Cadena C., Caso R. y Fernández C.. (2001). *El diseño de concentradores reflectores del tipo Fresnel destinados a cocinas solares*. ERMA Vol. 9, pp57-65.

Saravia L., Cadena C., Caso R. y Fernández C.. (2002). *Cocinas solares comunales de uso múltiple*. ERMA. Vol. 10, pp.51 – 56.

Saravia L., Cadena C., Caso R., Fernández C. e Iriarte A.. (2004). *Concentrador de distancia focal corta para cocinas comunales*. Presentado a la XXVII reunión de trabajo de ASADES. La Plata, Argentina, en publicación.

**ABSTRACT:** The paper presents the design of a system for pasteurizing goat milk as a part of a process for artisanal elaboration of cheese. The system consists in a Fresnel type concentrator used for cook huge quantities of food with a vaporizer located in the focus, as it's shown in the "new model". The steam bubbles into the isolated container where the milk is cooked by double boiler. When the desired temperature is reached, the steam flow is closed and the milk remains in this condition for 30 minutes into the closed container. Pasteurizing of 10 liters of milk is done in about one hour. The project consider guide lines for achieving a succesful transference.